

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-165175

(43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.

H03H 7/38

(21)Application number : 10-338208

(71)Applicant : KYOSAN ELECTRIC MFG CO LTD

(22)Date of filing : 27.11.1998

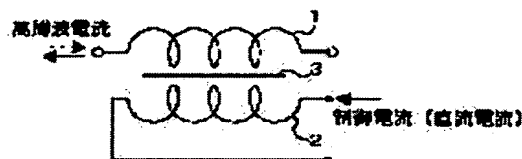
(72)Inventor : YUZURIHARA ITSUO  
MATSUKAWA SATORU

## (54) IMPEDANCE MATCHING DEVICE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an impedance matching device that matches an impedance of a high frequency generator with an impedance of a load device at high speed.

**SOLUTION:** In a coupling circuit consisting of a main winding 1 and a control winding 2 wound on a core 3, an inductance (L) of the main winding 1 is increased/decreased by increasing/decreasing a control current supplied to the control winding 2 so as to increase/decrease a permeability of the core 3. The impedance of the high frequency generator is matched with the impedance of the load device by utilizing that the inductance (L) of the main winding 1 is changed by the control current flowing through the control winding.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.11.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 01.08.2000

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2000-13891

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 31.08.2000

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-165175  
(P2000-165175A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 3 H 7/38

識別記号

F I  
H 0 3 H 7/38

テーマコード (参考)

A

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平10-338208

(22) 出願日 平成10年11月27日 (1998.11.27)

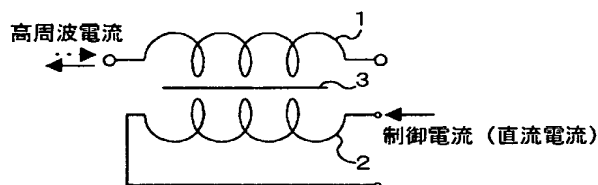
(71) 出願人 000001292  
株式会社京三製作所  
神奈川県横浜市鶴見区平安町2丁目29番地の1  
(72) 発明者 譲原 逸男  
神奈川県横浜市鶴見区平安町2丁目29番地の1 株式会社京三製作所内  
(72) 発明者 松川 悟  
神奈川県横浜市鶴見区平安町2丁目29番地の1 株式会社京三製作所内  
(74) 代理人 100090033  
弁理士 荒船 博司

(54) 【発明の名称】 インピーダンス整合装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明の課題は、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを高速に整合させることが可能なインピーダンス整合装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 コア3に巻かれた主巻き線1と制御巻き線2とからなる結合回路において、制御巻き線2に流す制御電流（直流電流）の値を増減させて、コア3の透磁率を増減させることにより、主巻き線1のインダクタンス（L）は値を増減する。この主巻き線1のインダクタンス（L）の値が制御巻き線2に流れる制御電流の値により変化することを利用して、高周波発生装置と負荷装置のインピーダンスを整合させる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】高周波発生装置と負荷装置の間に設けられ、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを整合させるインピーダンス整合装置において、

コアに主巻き線と制御巻き線が巻かれ、当該制御巻き線に流れる直流電流の大きさによって当該主巻き線のインダクタンスの値が変化して前記インピーダンス整合装置のインピーダンスを変化させる少なくとも一つの結合回路を有することを特徴とするインピーダンス整合装置。

【請求項 2】高周波発生装置と負荷装置の間に設けられ、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを整合させるインピーダンス整合装置において、

第 1 のコアに第 1 の主巻き線が巻かれ、第 2 のコアに第 2 の主巻き線が巻かれ、制御巻き線の一巻きに当該第 1 のコア及び当該第 2 のコアが貫通するように当該第 1 のコア及び当該第 2 のコアに当該制御巻き線が巻かれ、当該制御巻き線に流れる直流電流の大きさによって当該第 1 の主巻き線及び当該第 2 の主巻き線のインダクタンスの値が変化して前記インピーダンス整合装置のインピーダンスを変化させる少なくとも一つの結合回路を有することを特徴とするインピーダンス整合装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、負荷装置と高周波発生装置とのインピーダンスを整合させるインピーダンス整合装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】高周波発生装置から負荷装置へ高周波電力を供給する際に、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスとの整合がとれていなければ、高周波発生装置から負荷装置への高周波電力の供給効率が低い。

【0003】そして、高周波発生装置のインピーダンスの値は、50 (Ω) 又は 75 (Ω) の固定値である。一方、負荷装置のインピーダンスの値は、その構造や設置状態によって大きく変化する上、負荷装置に加えられた高周波電力によって内部に生じる温度上昇等の物理的変化や、負荷装置内の原材料の一部が分解して発生するガス等の化学変化によっても短時間に大きく変化する。

【0004】そこで、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを整合させるため、インピーダンス整合装置が高周波発生装置と負荷装置との間に設けられている。

【0005】以下では、高周波発生装置と負荷装置との間に設けられている従来のインピーダンス整合装置について図 12 を参照して説明する。図 12 は、従来のインピーダンス整合装置の主要部の回路構成を示す図である。なお、図 12 には、複数の回路構成を示している

が、基本的回路動作は同一であるため、図 12 (a) についての説明は、図 12 (b) から図 12 (h) の説明は省略する。

【0006】図 12 のインピーダンス整合装置においては、可変容量素子 VC と可変インダクタンス素子 VL からなる。可変容量素子 VC の一端は端子 a に接続され、その他端は端子 b と端子 d に接続される。また、可変インダクタンス素子 VL の一端は端子 a 及び可変容量素子 VC の一端に接続され、その他端は端子 c に接続される。例えば、端子 a 及び端子 b に高周波発生装置（不図示）が接続され、端子 c 及び端子 d に負荷装置（不図示）が接続される。

【0007】高周波発生装置のインピーダンスと負荷回路のインピーダンスとを整合させるため、可変容量素子 VC の容量値及び可変インダクタンス素子 VL のインダクタンス値を変化させる。

【0008】なお、この詳細は省略するが、端子 a と端子 b 間の定在波を測定し、測定結果から電圧定在波比 (Voltage Standing Wave Ratio) を求め、高周波発生装置のインピーダンスと負荷回路のインピーダンスとを整合させるための可変容量素子 VC の容量値と可変インダクタンス素子 VL のインダクタンス値とを算出し、その算出結果を基に、可変容量素子 VC の容量値と可変インダクタンス素子 VL のインダクタンス値とを変化させる。

**【0009】**

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のインピーダンス整合装置においては、工業的用途で扱われる高周波電力は少なくとも数十ワット以上であるため、可変容量素子 VC としてバリコン（可変コンデンサ：Variable Capacitor）を利用し、当該バリコンの容量値をモータを利用して変化させていた。また、可変インダクタンス素子 VL を構成するコイル上の接点（摺動子）をモータで移動させて、当該コイルのインダクタンス値を変化させていた。

【0010】上述したモータを利用して可変容量素子 VC として利用されるバリコンの容量値や可変インダクタンス素子 VL を構成するコイルのインダクタンス値を変化させる手法では、当該容量値や当該インダクタンス値を変化させる速度はモータの動作速度により制限されるため、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスとを整合させるまでの所要時間は、長くならざるを得なかった。

【0011】また、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスの整合がとれた後に、負荷装置のインピーダンスが急激に変化した場合には、同様の理由により、負荷装置のインピーダンスの変化に、可変容量素子 VC として利用されるバリコンの容量値や可変インダクタンス素子 VL を構成するコイルのインダクタンス値の変化が追従できないという問題点があった。

【0012】さらに、接点（摺動子）等の機械部分が存在するため、定期的な注油や消耗部品の交換等、保守作業が必要になるなどの問題点もあった。

【0013】本発明の課題は、高速にインダクタンス値等を変化させることができるとともに、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを高速に整合させることが可能なインピーダンス整合装置を提供することを目的とする。また、保守作業の不要なインピーダンス整合装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、高周波発生装置と負荷装置の間に設けられ、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを整合させるインピーダンス整合装置において、コアに主巻き線と制御巻き線が巻かれ、当該制御巻き線に流れる直流電流の大きさによって当該主巻き線のインダクタンスの値が変化して前記インピーダンス整合装置のインピーダンスを変化させる少なくとも一つの結合回路を有するインピーダンス整合装置である。

【0015】請求項1記載の発明によれば、結合回路の制御巻き線に流れる電流の値により主巻き線のインダクタンスの値を変化させることにより、インピーダンス整合装置のインピーダンスの値を変化させているため、従来のインピーダンス整合装置のようにモータ等を利用して機械的にインピーダンスを変化させる場合に比べ、インピーダンス整合を高速に行うことができるとともに、保守作業の不要なインピーダンス整合装置となる。

【0016】請求項2記載の発明は、高周波発生装置と負荷装置の間に設けられ、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを整合させるインピーダンス整合装置において、第1のコアに第1の主巻き線が巻かれ、第2のコアに第2の主巻き線が巻かれ、制御巻き線の一巻きに当該第1のコア及び当該第2のコアが貫通するように当該第1のコア及び当該第2のコアに当該制御巻き線が巻かれ、当該制御巻き線に流れる直流電流の大きさによって当該第1の主巻き線及び当該第2の主巻き線のインダクタンスの値が変化して前記インピーダンス整合装置のインピーダンスを変化させる少なくとも一つの結合回路を有するインピーダンス整合装置である。

【0017】請求項2記載の発明によれば、結合回路の制御巻き線に流れる電流の値により第1の主巻き線及び第2の主巻き線のインダクタンスの値を変化させることにより、インピーダンス整合装置のインピーダンスの値を変化させているため、従来のインピーダンス整合装置のようにモータ等を利用して機械的にインピーダンスを変化させる場合に比べ、インピーダンス整合を高速に行うことができるとともに、保守作業の不要なインピーダンス整合装置となる。さらに、第1の主巻き線に高周波電流が流れることにより制御巻き線に誘起される高周波

成分と第2の主巻き線に高周波電流が流れることにより制御巻き線に誘起される高周波成分が、制御巻き線の一巻き（1ターム）ごとに、相殺されて高周波成分が除去されるので、制御巻き線に局所的に大電圧が発生することがなく、結合回路の絶縁破壊を防止することができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明に係るインピーダンス整合装置の実施の形態について詳細に説明する。

【0019】まず、本発明に係るインピーダンス整合装置の実施の形態を説明する前に、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを整合させるために、インダクタンス（L）の値を変化させる本発明の手段について、図1及び図2を参照して説明する。

【0020】図1は、インダクタンスを変化させる回路を説明するための図であり、図2は、B-H曲線（磁気飽和曲線、あるいは磁化曲線ともいう）を示す図である。

【0021】図1の回路では、トロイダルコア等のコア3に巻かれた主巻き線1と制御巻き線2とからなり、主巻き線1のインダクタンス（L）の値は、当該制御巻き線2に流れる制御電流の値の増減によって増減する。

【0022】このことを、図2を利用して説明する。なお、磁界の強さ（H）が正である場合について説明するが、負の場合であっても同様の説明が適用できる。図2に示すB-H曲線においては、磁界の強さ（H）を増加させると、磁束密度（B）は増加するが、磁界の強さ（H）が増加するにつれて、磁界の強さ（H）の微小間隔（ $\Delta H$ ）に対する磁束密度（B）の微小間隔（ $\Delta B$ ）の値（ $\Delta B / \Delta H$ ）は減少する。すなわち、（B/H）の値は、磁界の強さ（H）が増加するにつれて、減少する。

【0023】また、磁界の強さ（H）、磁束密度（B）、及び透磁率（ $\mu$ ）は、 $B = \mu \times H$ の関係式を満たす。よって、磁界の強さ（H）を増加させると、透磁率（ $\mu$ ）の値は減少することになる。

【0024】そして、インダクタンス（L）の値は、透磁率（ $\mu$ ）の値と比例関係にあることから、インダクタンス（L）の値は、透磁率（ $\mu$ ）の値が小さくなれば、小さくなる。上述した磁界の強さ（H）を増加させると透磁率（ $\mu$ ）の値は減少することを踏まえれば、インダクタンス（L）の値は、磁界の強さ（H）が増加すれば、減少する。

【0025】さらに、コイルに流す電流値と磁界の強さ（H）は比例関係にあることから、コイルに流す電流値が増加すれば、磁界の強さ（H）は強くなる。以上のことから、コイルに流す電流の値が増加すれば、インダクタンス（L）の値は小さくなる。

【0026】したがって、図1の回路では、主巻き線1

10

20

30

40

50

のインダクタンス（L）の値は、制御巻き線 2 に流す制御電流の値が増加すれば減少し、制御巻き線 2 に流す制御電流の値が減少すれば増加する。

【0027】以下の各第 1 から第 6 の実施の形態では、この制御巻き線 2 に流す電流を増減させれば主巻き線 1 のインダクタンス（L）の値が増減することを利用して、高周波発生装置と負荷装置のインピーダンス整合を図るものである。

【0028】なお、実際の B-H 曲線については、磁界の強さ（H）が増加するにつれて、磁束密度（B）の増加する割合が常に減少すると言うものではないが、コイルに流す電流値を変化させることにより、インダクタンス（L）の値が変化するという、上記考え方は利用できる。

【0029】（第 1 の実施の形態）本発明を適用した第 1 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置について図 3 を用いて説明する。図 3 は、インピーダンス整合装置 4 の主要回路部を示すブロック図である。図 3 における回路図は、高周波発生装置 5 と、負荷装置 6 と、高周波発生装置 5 と負荷装置 6 に接続され高周波発生装置 5 と負荷装置 6 のインピーダンスを整合させるインピーダンス整合装置 4 と、からなる。

【0030】インピーダンス整合装置 4 は、VSWR（Voltage Standing Wave Ratio）回路部 4 1、演算部 4 2、第 1 の制御電流発生部 4 3、第 2 の制御電流発生部 4 4、結合回路 4 5、ローパスフィルタ 4 6、結合回路 4 7、ローパスフィルタ 4 8、及びコンデンサ 4 9 からなる。

【0031】VSWR 回路部 4 1 は、端子 A と結合回路 4 5 の後述する主巻き線 4 5 a に接続され、高周波発生装置 5 から負荷装置 6 へ供給された高周波電圧が負荷装置 6 で反射されて戻ってくる定在波を測定し、該測定した定在波から電圧定在波比を算出し、算出結果の電圧定在波比を演算部 4 2 へ出力する。

【0032】演算部 4 2 は、VSWR 回路部 4 1 から入力される電圧定在波比から、結合回路 4 5 の後述する制御巻き線 4 5 b へ供給する直流電流（第 1 の制御電流）の値と結合回路 4 7 の後述する制御巻き線 4 7 b へ供給する直流電流（第 2 の制御電流）の値とを算出し、該算出結果である第 1 の制御電流の値を示す第 1 の制御信号を第 1 の制御電流発生部 4 3 へ出力するとともに、該算出結果である第 2 の制御電流の値を示す第 2 の制御信号を第 2 の制御電流発生部 4 4 へ出力する。

【0033】第 1 の制御電流発生部 4 3 は、演算部 4 2 から入力される第 1 の制御信号が示す電流値の第 1 の制御電流を発生し、該発生した第 1 の制御電流を端子 A 1、A 2 へ出力する。

【0034】第 2 の制御電流発生部 4 4 は、演算部 4 2 から入力される第 2 の制御信号が示す電流値の第 2 の制御電流を発生し、該発生した第 2 の制御電流を端子 B

1、B 2 へ出力する。

【0035】結合回路 4 5 は、コア 4 5 c に巻かれた主巻き線 4 5 a と制御巻き線 4 5 b からなる。そして、結合回路 4 5 は、その主巻き線 4 5 a の一端が VSWR 回路部 4 1 に接続され、その他端が端子 C に接続されている。また、その制御巻き線 4 5 b の一端がローパスフィルタ 4 6 の後述するコイル 4 6 a の一端に接続され、その他端がローパスフィルタ 4 6 の後述するコンデンサ 4 6 b の一端に接続されている。そして、結合回路 4 5 は、第 1 の制御電流発生部 4 3 から、ローパスフィルタ 4 6 を介して入力される第 1 の制御電流により、主巻き線 4 5 a のインダクタンス（L）の値が変化する。

【0036】ローパスフィルタ 4 6 は、コイル 4 6 a とコンデンサ 4 6 b の LC 回路により構成されている。そして、コイル 4 6 a の一端は、結合回路 4 5 の制御巻き線 4 5 b の一端に接続され、その他端はコンデンサ 4 6 b の他端と端子 A 1 に接続される。また、コンデンサ 4 6 b の一端は、結合回路 4 5 の制御巻き線 4 5 b の他端と端子 A 2 に接続され、その他端は、コイル 4 5 a の他端と端子 A 1 に接続される。

【0037】ローパスフィルタ 4 6 は、結合回路 4 5 の主巻き線 4 5 a に高周波発生装置 5 から入力される高周波電流等の高周波成分が印加された場合に、制御巻き線 4 5 b に誘起される高周波成分が第 1 の制御電流発生部 4 3 側へ印加されるのを防ぐフィルタである。

【0038】例えば、第 1 の制御電流発生部 4 3 に使用される FET（Field Effect Transistor：電界効果トランジスタ）等に高周波成分の電流等が印加されると FET 等が破損するが、この破損を防止するためにローパスフィルタが設けられている。

【0039】結合回路 4 7 は、コア 4 7 c に巻かれた主巻き線 4 7 a と制御巻き線 4 7 b からなる。そして、結合回路 4 7 は、その主巻き線 4 7 a の一端がコンデンサ 4 9 の一端に接続され、その他端が端子 B、D に接続されている。また、その制御巻き線 4 7 b の一端がローパスフィルタ 4 8 の後述するコイル 4 8 a の一端に接続され、その他端がローパスフィルタ 4 8 の後述するコンデンサ 4 8 b の一端に接続されている。そして、結合回路 4 7 は、第 2 の制御電流発生部 4 4 から、ローパスフィルタ 4 8 を介して入力される第 2 の制御電流により、主巻き線 4 7 a のインダクタンス（L）の値が変化する。

【0040】ローパスフィルタ 4 8 は、コイル 4 8 a とコンデンサ 4 8 b の LC 回路により構成されている。そして、コイル 4 8 a の一端は、結合回路 4 7 の制御巻き線 4 7 b の一端に接続され、その他端はコンデンサ 4 8 b の他端と端子 B 1 に接続される。また、コンデンサ 4 8 b の一端は、結合回路 4 7 の制御巻き線 4 7 b の他端と端子 B 2 に接続され、その他端は、コイル 4 8 a の他端と端子 B 1 に接続される。

【0041】ローパスフィルタ 4 8 は、結合回路 4 7 の

主巻き線 47a に高周波発生装置 5 から入力される高周波電流等の高周波成分が印加された場合に、制御巻き線 47b に誘起される高周波成分が第 2 の制御電流発生部 44 側へ印加されるのを防ぐフィルタである。

【0042】例えば、第 2 の制御電流発生部 44 に使用される FET (Field Effect Transistor: 電界効果トランジスタ) 等に高周波成分の電流等が印加されると FET 等が破損するが、この破損を防止するためにローパスフィルタが設けられている。

【0043】コンデンサ 49 は、その一端が結合回路 47 の主巻き線 47a の一端に接続され、その他端が VSWR 回路部 41 に接続される。

【0044】このコンデンサ 49 が設けられているのは、結合回路 45 の主巻き線 45a のインピーダンスを  $j \times X$  ( $X \geq 0$ ) とすれば、結合回路 47 の主巻き線 47a とコンデンサ 49 の合成インピーダンスを  $j \times Y$  ( $Y \leq 0$ ) とするためである。

【0045】このインピーダンス整合装置 4 では、第 1 の制御電流発生部 43 から結合回路 45 の制御巻き線 45b へ入力される第 1 の制御電流の値の増減により、結合回路 45 の主巻き線 45a のインダクタンス (L) の値が増減する。さらに、第 2 の制御電流発生部 44 から結合回路 47 の制御巻き線 47b に入力される第 2 の制御電流の値の増減により、結合回路 47 の主巻き線 47a のインダクタンス (L) の値が増減する。このことを利用し、当該インピーダンス整合装置 4 のインピーダンスを増減させて、高周波発生装置 5 と負荷装置 6 とのインピーダンスを整合させるものである。なお、インピーダンス整合装置 4 のインピーダンス整合動作において、例えば、高周波発生装置 5 と負荷装置 6 のインピーダンスの虚数部を結合回路 45 で調整し、当該インピーダンスの実数部を結合回路 47 とコンデンサ 49 とで調整する。

【0046】上記回路構成を示した回路の動作を簡単に説明する。高周波発生装置 5 から負荷装置 6 へ電力が供給されると、VSWR 回路部 41 は、負荷装置 6 から反射して戻ってくる定在波を測定し、該測定した定在波から電圧定在波比を算出し、算出結果の電圧定在波比を演算部 42 へ出力する。

【0047】演算部 42 は、VSWR 回路部 41 から入力される電圧定在波比から、結合回路 45 の制御巻き線 45b へ供給する第 1 の制御電流の値と結合回路 47 の制御巻き線 47b へ供給する第 2 の制御電流の値とを算出し、該算出結果である第 1 の制御電流の値を示す第 1 の制御信号を第 1 の制御電流発生部 43 へ出力するとともに、該算出結果である第 2 の制御電流の値を示す第 2 の制御信号を第 2 の制御電流発生部 44 へ出力する。

【0048】第 1 の制御電流発生部 43 は、演算部 42 から入力される第 1 の制御信号が示す電流値の第 1 の制御電流を発生し、該発生した第 1 の制御電流を端子 A

1、A2 へ出力し、この第 1 の制御電流が結合回路 45 の制御巻き線 45b に流れる。また、第 2 の制御電流発生部 44 は、演算部 42 から入力される第 2 の制御信号が示す電流値の第 2 の制御電流を発生し、該発生した第 2 の制御電流を端子 B1、B2 へ出力し、この第 2 の制御電流が結合回路 47 の制御巻き線 47b に流れる。

【0049】結合回路 45 の主巻き線 45a のインダクタンス (L) の値は制御巻き線 45b に流れる第 1 の制御電流の値に応じた値となり、結合回路 47 の主巻き線 47a のインダクタンス (L) の値は制御巻き線 47b に流れる第 2 の制御電流の値に応じた値となる。

【0050】このように、結合回路 45 の主巻き線 45a のインダクタンス (L) と結合回路 47 の主巻き線 47a のインダクタンス (L) が適切な値になり、高周波発生装置 5 のインピーダンスと負荷装置 6 のインピーダンスとの整合がはかられる。

【0051】例えば、高周波発生装置 5 のインピーダンスの値が 50 ( $\Omega$ )、負荷装置 6 のインピーダンスの値が 25 ( $\Omega$ ) の場合には、電圧定在波比を基に、結合回路 45 の主巻き線 45a のインピーダンス ( $j \times X1$ ) が、 $j \times X1 = j \times 25$  ( $\Omega$ ) を満たすように、コンデンサ 49 と結合回路 47 の主巻き線 47a の合成インピーダンス ( $j \times X2$ ) が、 $j \times X = -j \times 50$  ( $\Omega$ ) を満たすように、演算部 42 において、第 1 の制御電流と第 2 の制御電流の値が決定される。

【0052】上記第 1 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 4 によれば、結合回路 45 の制御巻き線 45b に流れる電流の値により主巻き線 45a のインダクタンス (L) の値を変化させ、また結合回路 47 の制御巻き線 47b に流れる電流の値により主巻き線 47a のインダクタンス (L) の値を変化させることにより、インピーダンス整合装置のインピーダンスの値を変化させているため、従来のインピーダンス整合装置のようにモータ等を利用して機械的にインピーダンスを変化させる場合に比べ、インピーダンス整合を高速に行うことができるとともに、保守作業の不要なインピーダンス整合装置となる。

【0053】なお、第 2 から第 6 の実施の形態においては、インピーダンス整合装置 4 の結合回路 45、ローパスフィルタ 46、結合回路 47、ローパスフィルタ 48、及びコンデンサ 49 に相当する回路部のみ説明する。また、VSWR 回路部 41、演算部 42、第 1 の制御電流発生部 43、第 2 の制御電流発生部 44 に相当する回路部については、以下では、一括して制御回路と称す。

【0054】(第 2 の実施の形態) 本発明を適用した第 2 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置について図 4 を用いて説明する。図 4 は、インピーダンス整合装置 7 の主要回路部を示すブロック図である。図 3 に示す第 1 の実施の形態においては、結合回路 (結合回路 4

5、結合回路47)で発生する高周波成分を、LC回路からなるローパスフィルタ(ローパスフィルタ46、ローパスフィルタ48)で除去する。これに対して、本第2の実施の形態におけるインピーダンス整合装置は、結合回路とローパスフィルタで構成する回路部の代わりに、主巻き線と制御巻き線の巻く方向を逆にした1対の結合回路を設け、各結合回路で発生した高周波成分を互いに相殺することにより除去するものである。

【0055】本第2の実施の形態におけるインピーダンス整合装置7の回路構成について説明する。インピーダンス整合装置7は、結合回路71、結合回路72、結合回路73、結合回路74、及びコンデンサ75からなる。

【0056】結合回路71は、コア71cに巻かれた主巻き線71aと制御巻き線71bからなる。そして、結合回路71は、その主巻き線71aの一端が端子Aに、その他端が結合回路72の後述する主巻き線72aの一端に接続されている。また、その制御巻き線71bの一端が端子A2に接続され、その他端が結合回路72の後述する制御巻き線72bの一端に接続される。そして、結合回路71は、制御回路から制御巻き線71bに流れる制御電流により、主巻き線71aのインダクタンス(L)の値が変化する。

【0057】結合回路72は、コア72cに巻かれた主巻き線72aと制御巻き線72bからなる。そして、結合回路72は、その主巻き線72aの一端が結合回路71の主巻き線71aの他端に、その他端が端子Cに接続されている。また、その制御巻き線72bの一端が結合回路71の制御巻き線71bの他端に接続され、その他端が端子A1に接続されている。そして、結合回路72は、制御回路から制御巻き線72bに流れる制御電流により、主巻き線72aのインダクタンス(L)の値が変化する。

【0058】ここで、結合回路71の主巻き線71aと制御巻き線71bの巻く方向の関係と、結合回路72の主巻き線72aと制御巻き線72bの巻く方向の関係は、互いに逆になるような関係にある。また、結合回路71の主巻き線71aと結合回路72の主巻き線72aの巻き数は等しく、結合回路71の制御巻き線71bと結合回路72の制御巻き線72bの巻き数は等しい。

【0059】上記関係にあることから、結合回路71の主巻き線71aに高周波電流が流れることにより制御巻き線71bに誘起される高周波成分の方向と、結合回路72の主巻き線72aに高周波電流が流れることにより制御巻き線72bに誘起される高周波成分の方向とは、互いに反対方向であり、また、結合回路71の主巻き線71aに高周波電流が流れることにより制御巻き線71bに誘起される高周波成分の大きさと、結合回路72の主巻き線72aに高周波電流が流れることにより制御巻き線72bに誘起される高周波成分の大きさは、互いに

等しいので、それぞれに発生する高周波成分が互いに相殺して高周波成分が除去され、端子A1、A2から制御回路に高周波成分が印加されることが防がれる。

【0060】結合回路73は、コア73cに巻かれた主巻き線73aと制御巻き線73bからなる。そして、結合回路73は、その主巻き線73aの一端がコンデンサ75の一端に接続され、その他端が結合回路74の後述する主巻き線74aの一端に接続されている。また、その制御巻き線73bの一端が端子B1に接続され、その他端が結合回路74の後述する制御巻き線74bの一端に接続されている。そして、結合回路73は、制御回路から制御巻き線73bに流れる制御電流により、主巻き線73aのインダクタンス(L)の値が変化する。

【0061】結合回路74は、コア74cに巻かれた主巻き線74aと制御巻き線74bからなる。そして、結合回路74は、その主巻き線74aの一端が結合回路73の主巻き線73aの他端に、その他端が端子B及び端子Dに接続されている。また、その制御巻き線74bの一端が結合回路73の制御巻き線73bの他端に接続され、その他端が端子B2に接続されている。そして、結合回路74は、制御回路から制御巻き線74bに流れる制御電流により、主巻き線74aのインダクタンス(L)の値が変化する。

【0062】ここで、結合回路73の主巻き線73aと制御巻き線73bの巻く方向の関係と、結合回路74の主巻き線74aと制御巻き線74bの巻く方向の関係は、互いに逆になるような関係にある。また、結合回路73の主巻き線73aと結合回路74の主巻き線74aの巻き数は等しく、結合回路73の制御巻き線73bと結合回路74の制御巻き線74bの巻き数は等しい。

【0063】上記関係にあることから、結合回路73の主巻き線73aに高周波電流が流れることにより制御巻き線73bに誘起される高周波成分の方向と、結合回路74の主巻き線74aに高周波電流が流れることにより制御巻き線74bに誘起される高周波成分の方向とは、互いに反対方向であり、また、結合回路73の主巻き線73aに高周波電流が流れることにより制御巻き線73bに誘起される高周波成分の大きさと、結合回路74の主巻き線74aに高周波電流が流れることにより制御巻き線74bに誘起される高周波成分の大きさは、互いに等しいので、それぞれに発生する高周波成分が互いに相殺して高周波成分が除去され、端子B1、B2から制御回路に高周波成分が印加されることが防がれる。

【0064】コンデンサ75は、一端が結合回路73の主巻き線73aの一端に接続され、その他端が端子Aに接続される。このコンデンサ75が設けられているのは、上記第1の実施の形態で説明したのと同様の理由である。

【0065】このインピーダンス整合装置7では、制御回路から結合回路71の制御巻き線71bへ入力される

制御電流の値の増減により、結合回路 71 の主巻き線 71a のインダクタンス (L) の値が増減し、制御回路から結合回路 72 の制御巻き線 72b へ入力される制御電流の値の増減により、結合回路 72 の主巻き線 72a のインダクタンス (L) の値が増減する。制御回路から結合回路 73 の制御巻き線 73b へ入力される制御電流の値の増減により、結合回路 73 の主巻き線 73a のインダクタンス (L) の値が増減し、制御回路から結合回路 74 の制御巻き線 74b へ入力される制御電流の値の増減により、結合回路 74 の主巻き線 74a のインダクタンス (L) の値が増減する。このことを利用し、当該インピーダンス整合装置 7 のインピーダンスを増減させて、高周波発生装置 5 と負荷装置 6 とのインピーダンスを整合させるものである。

【0066】なお、インピーダンス整合に関する回路動作については、上記第 1 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 4 の回路動作と、考え方が同一であるため、詳細を省略する。

【0067】上記第 2 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 7 によれば、第 1 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 4 と同様、結合回路 71 の制御巻き線 71b に流れる電流の値により主巻き線 71a のインダクタンス (L) の値を変化させ、結合回路 72 の制御巻き線 72b に流れる電流の値により主巻き線 72a のインダクタンス (L) の値を変化させ、さらに、結合回路 73 の制御巻き線 73b に流れる電流の値により主巻き線 73a のインダクタンス (L) の値を変化させ、結合回路 74 の制御巻き線 74b に流れる電流の値により主巻き線 74a のインダクタンス (L) の値を変化させて、インピーダンス整合装置 7 のインピーダンスの値を変化させているため、従来のインピーダンス整合装置のようにモータ等を利用して機械的にインピーダンスを変化させる場合に比べ、インピーダンス整合を高速に行うことができるとともに、保守作業の不要なインピーダンス整合装置となる。

【0068】また、第 1 の実施の形態において利用されている高周波成分をカットする高周波カット用のコンデンサが不要であるため、低コスト化が図られる。

【0069】(第 3 の実施の形態) 本発明を適用した第 3 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置について図 5 を用いて説明する。図 5 は、インピーダンス整合装置 8 の主要回路部を示すブロック図である。本第 3 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 8 は、図 4 に示した第 2 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 7 の一変形例である。

【0070】第 2 の実施の形態のインピーダンス整合装置では、一対の結合回路 (結合回路 71 と結合回路 72、結合回路 73 と結合回路 74) を直列に接続することにより、各結合回路で発生する高周波成分を相殺することにより除去するものであるのに対し、本第 3 の実施

の形態のインピーダンス整合装置では、一対の結合回路を並列に接続することにより、各結合回路で発生する高周波成分を相殺することにより除去するものである。

【0071】本第 3 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置の回路構成について説明する。インピーダンス整合装置 8 は、結合回路 81、結合回路 82、結合回路 83、結合回路 84、及びコンデンサ 85 からなる。

【0072】結合回路 81 は、コア 81c に巻かれた主巻き線 81a と制御巻き線 81b からなる。そして、結合回路 81 は、その主巻き線 81a の一端が端子 A 及び結合回路 82 の後述する主巻き線 82a の一端に接続され、その他端が端子 C 及び結合回路 82 の後述する主巻き線 82a の他端に接続されている。また、その制御巻き線 81b の一端が端子 A1 に接続され、その他端が結合回路 82 の後述する制御巻き線 82b の一端に接続されている。そして、結合回路 81 は、制御回路から制御巻き線 81b に流れる制御電流により、主巻き線 81a のインダクタンス (L) の値が変化する。

【0073】結合回路 82 は、コア 82c に巻かれた主巻き線 82a と制御巻き線 82b からなる。そして、その主巻き線 82a の一端が端子 A 及び結合回路 81 の主巻き線 81a の一端に接続され、その他端が端子 C 及び結合回路 81 の主巻き線 81a の他端に接続されている。また、その制御巻き線 82b の一端が結合回路 81 の制御巻き線 81b の他端に接続され、その他端が端子 A2 に接続されている。そして、結合回路 82 は、制御回路から制御巻き線 82b に流れる制御電流により、主巻き線 82a のインダクタンス (L) の値が変化する。

【0074】ここで、結合回路 81 の主巻き線 81a と制御巻き線 81b の巻く方向の関係と、結合回路 82 の主巻き線 82a と制御巻き線 82b の巻く方向の関係は、互いに逆になるような関係にある。また、結合回路 81 の主巻き線 81a と結合回路 82 の主巻き線 82a の巻き数は等しく、結合回路 81 の制御巻き線 81b と結合回路 82 の制御巻き線 82b の巻き数は等しい。

【0075】上記関係にあることから、結合回路 81 の主巻き線 81a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 81b に誘起される高周波成分の方向と、結合回路 82 の主巻き線 82a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 82b に誘起される高周波成分の方向とは、互いに反対方向であり、また、結合回路 81 の主巻き線 81a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 81b に誘起される高周波成分の大きさと、結合回路 82 の主巻き線 82a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 82b に誘起される高周波成分の大きさは、互いに等しいので、それぞれに発生する高周波成分が互いに相殺して高周波成分が除去され、端子 A1、A2 から制御回路に高周波成分が印可されることが防がれる。

【0076】結合回路 83 は、コア 83c に巻かれた主巻き線 83a と制御巻き線 83b からなる。そして、結



合回路 83 は、その主巻き線 83a の一端がコンデンサ 85 の一端及び結合回路 84 の後述する主巻き線 84a の一端に接続され、その他端が端子 B、D 及び結合回路 84 の後述する主巻き線 84a の他端に接続されている。また、その制御巻き線 83b の一端が端子 B2 に接続され、その他端が結合回路 84 の後述する制御巻き線 84b の一端に接続される。そして、結合回路 83 は、制御回路から制御巻き線 83b に流れる制御電流により、主巻き線 83a のインダクタンス (L) の値が変化する。

【0077】結合回路 84 は、コア 84c に巻かれた主巻き線 84a と制御巻き線 84b からなる。そして、結合回路 84 は、その主巻き線 84a の一端がコンデンサ 85 の一端及び結合回路 83 の主巻き線 83a の一端に接続され、その他端が端子 B、D 及び結合回路 83 の主巻き線 83a の他端に接続される。また、その制御巻き線 84b の一端が結合回路 83 の制御巻き線 83b の他端に接続され、その他端が端子 B1 に接続されている。そして、結合回路 84 は、制御回路から制御巻き線 84b に流れる制御電流により、主巻き線 84a のインダクタンス (L) の値が変化する。

【0078】ここで、結合回路 83 の主巻き線 83a と制御巻き線 83b の巻く方向の関係と、結合回路 84 の主巻き線 84a と制御巻き線 84b の巻く方向の関係は、互いに逆になるような関係にある。また、結合回路 83 の主巻き線 83a と結合回路 84 の主巻き線 84a の巻き数は等しく、結合回路 83 の制御巻き線 83b と結合回路 84 の制御巻き線 84b の巻き数は等しい。

【0079】上記関係にあることから、結合回路 83 の主巻き線 83a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 83b に誘起される高周波成分の方向と、結合回路 84 の主巻き線 84a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 84b に誘起される高周波成分の方向とは、互いに反対方向であり、また、結合回路 83 の主巻き線 83a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 83b に誘起される高周波成分の大きさと、結合回路 84 の主巻き線 84a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 84b に誘起される高周波成分の大きさは、互いに等しいので、それぞれに発生する高周波成分が互いに相殺して高周波成分が除去され、端子 B1、B2 から制御回路に高周波成分が印加されることが防がれる。

【0080】コンデンサ 85 は、その一端が結合回路 83 の主巻き線 83a 及び結合回路 84 の主巻き線 84a の一端に接続され、その他端が端子 A に接続される。このコンデンサ 85 が設けられているのは、上記第 1 の実施の形態で説明したのと同様の理由である。

【0081】このインピーダンス整合装置 8 では、制御回路から結合回路 81 の制御巻き線 81b へ入力される制御電流の値の増減により、結合回路 81 の主巻き線 81a のインダクタンス (L) の値が増減し、制御回路か

ら結合回路 82 の制御巻き線 82b へ入力される制御電流の値の増減により、結合回路 82 の主巻き線 82a のインダクタンス (L) の値が増減する。制御回路から結合回路 83 の制御巻き線 83b へ入力される制御電流の値の増減により、結合回路 83 の主巻き線 83a のインダクタンス (L) の値が増減し、制御回路から結合回路 84 の制御巻き線 84b へ入力される制御電流の値の増減により、結合回路 84 の主巻き線 84a のインダクタンス (L) の値が増減する。このことを利用し、当該インピーダンス整合装置 8 のインピーダンスを増減させて、高周波発生装置 5 と負荷装置 6 とのインピーダンスを整合させるものである。

【0082】なお、インピーダンス整合に関する回路動作については、上記第 1 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 4 の回路動作と、考え方が同一であるため、詳細を省略する。

【0083】上記第 3 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 8 によれば、第 1 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 4 と同様、結合回路 81 の制御巻き線 81b に流れる電流の値により主巻き線 81a のインダクタンス (L) の値を変化させ、結合回路 82 の制御巻き線 82b に流れる電流の値により主巻き線 82a のインダクタンス (L) の値を変化させ、さらに、結合回路 83 の制御巻き線 83b に流れる電流の値により主巻き線 83a のインダクタンス (L) の値を変化させ、結合回路 84 の制御巻き線 84b に流れる電流の値により主巻き線 84a のインダクタンス (L) の値を変化させて、インピーダンス整合装置 8 のインピーダンスの値を変化させているため、従来のインピーダンス整合装置のようにモータ等を利用して機械的にインピーダンスを変化させる場合に比べ、インピーダンス整合を高速に行うことができるとともに、保守作業の不要なインピーダンス整合装置となる。

【0084】また、第 2 の実施の形態と同様、第 1 の実施の形態において利用されている高周波成分をカットする高周波カット用コンデンサが不要であるため、低コスト化が図られる。

【0085】(第 4 の実施の形態) 本発明を適用した第 4 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置について図 9 を用いて説明する。本第 4 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置を説明する前に、以下の実施の形態で用いる回路の表記、及び高周波成分を除去する原理について図 6、及び図 7 を参照して記す。

【0086】図 6 (a) は、コアに対する巻き線の巻き方の一例を示す図であり、図 6 (b) は、図 6 (a) に示すコアに対する巻き線の巻き方の表記法を説明するための図である。

【0087】図 6 (a) では、コアとして二つのトロイダルコア 94、95 からなる。その一つのトロイダルコア 94 に一の主巻き線 91 が巻かれており、他のトロイ

ダルコア 95 にも他の主巻き線 92 が巻かれている。さらに、制御巻き線 93 は、その一巻き（1 ターン）内にトロイダルコア 94、95 の両方が貫通するように巻かれている。そして、主巻き線 91 と主巻き線 92 が端子 T1 と端子 T2 からみて等価的に並列接続されている。

【0088】このように構成した場合には、各主巻き線 91、92 に高周波電流が流れることにより制御巻き線 93 に高周波成分が誘起されるが、この制御巻き線 93 に誘起された高周波成分が制御巻き線 93 の 1 ターン毎に相殺されて除去されることになる。

【0089】以下において、この理由を詳述する。主巻き線 91 に高周波電流が端子 T1 から端子 T2 に流れると（図中実線）、トロイダルコア 94 の制御巻き線 93 が巻かれている部分においては、図中下から上方向の磁界（図中実線）が発生する。

【0090】一方、主巻き線 92 に高周波電流が端子 T1 から端子 T2 に流れると（図中実線）、トロイダルコア 95 の制御巻き線 93 が巻かれている部分においては、図中上から下方向の磁界（図中実線）が発生する。

【0091】上述したことから分かるように、制御巻き線 93 の 1 ターンを鎖交する、主巻き線 91 により発生する磁界の向きと、主巻き線 92 により発生する磁界の向きとは、逆方向になる。

【0092】同様に、主巻き線 91 に高周波電流が端子 T2 から端子 T1 に流れると（図中点線）、トロイダルコア 94 の制御巻き線 93 が巻かれている部分においては、図中上から下方向の磁界（図中点線）が発生する。

【0093】一方、主巻き線 92 に高周波電流が端子 T2 から端子 T1 に流れると（図中点線）、トロイダルコア 95 の制御巻き線 93 が巻かれている部分においては、図中下から上方向の磁界（図中点線）が発生する。

【0094】上述したことから分かるように、制御巻き線 93 の 1 ターンを鎖交する、主巻き線 91 により発生する磁界の向きと、主巻き線 92 により発生する磁界の向きとは、逆方向になる。

【0095】したがって、主巻き線 91、92 に高周波電流が流れた場合に、主巻き線 91 により制御巻き線 93 に発生する高周波成分と主巻き線 92 により制御巻き線 93 に発生する高周波成分とが、制御巻き線 93 の 1 ターン毎に相殺しあつて高周波成分が除去される。

【0096】次に、上記記した図 6（a）の各部と図 6（b）の各部は、次のような対応関係にある。図 6

（a）中トロイダルコア 94 と図 6（b）中コア 104 が対応し、図 6（a）中トロイダルコア 95 と図 6

（b）中コア 105 が対応する。また、図 6（a）中主巻き線 91 と図 6（b）中主巻き線 101 が対応し、図 6（a）中主巻き線 92 と図 6（b）中主巻き線 102 が対応する。さらに、図 6（a）中制御巻き線 93 と図 6（b）中制御巻き線 103 が対応する。さらに、図 6（a）中端子 T1 と図 6（b）中端子 T1 が対応し、図

6（a）中端子 T2 と図 6（b）中端子 T2 が対応する。図 6（a）中端子 T3 と図 6（b）中端子 T3 が対応し、図 6（a）中端子 T4 と図 6（b）中端子 T4 が対応する。

【0097】さらに、他の場合について説明する。図 7（a）は、コアに対する巻き線の巻き方の一例を示す図であり、図 7（b）は、図 7（a）に示すコアに対する巻き線の巻き方の表記法を説明するための図である。

【0098】図 7（a）では、コアとして二つのトロイダルコア 114、115 からなる。その一つのトロイダルコア 114 に一の主巻き線 111 が巻かれており、他のトロイダルコア 115 にも他の主巻き線 112 が巻かれている。さらに、制御巻き線 113 は、その一巻き（1 ターン）内にトロイダルコア 114、115 の両方が貫通するように巻かれている。そして、主巻き線 111 と主巻き線 112 は、図中①で互いに接続されており、主巻き線 111 と主巻き線 112 が端子 T1 と端子 T2 からみて等価的に直列接続されている。

【0099】このように構成した場合には、各主巻き線 111、112 に高周波電流が流れることにより制御巻き線 113 に高周波成分が誘起されるが、この制御巻き線 113 に誘起された高周波成分が制御巻き線 113 の 1 ターン毎に相殺されて除去されることになる。なお、この原理は、図 6（a）の場合と同様であるので、詳細は省略する。

【0100】次に、上記記した図 7（a）の各部と図 7（b）の各部は、次のような対応関係にある。図 7（a）中トロイダルコア 114 と図 7（b）中コア 124 が対応し、図 7（a）中トロイダルコア 115 と図 7（b）中コア 125 が対応する。また、図 7（a）中主巻き線 111 と図 7（b）中主巻き線 121 が対応し、図 7（a）中主巻き線 112 と図 7（b）中主巻き線 122 が対応する。さらに、図 7（a）中制御巻き線 113 と図 7（b）中制御巻き線 123 が対応する。さらに、図 7（a）中端子 T1 と図 7（b）中端子 T1 が対応し、図 7（a）中端子 T2 と図 7（b）中端子 T2 が対応する。図 7（a）中端子 T3 と図 7（b）中端子 T3 が対応し、図 7（a）中端子 T4 と図 7（b）中端子 T4 が対応する。

【0101】図 8 は、各コアの形状を示す図であり、上記表記法においては、図 8（a）に示す二つのトロイダルコアを利用したものであるが、図 8（b）に示す U 型コアを二つ利用して、二つの主巻き線と一つの制御巻き線を二つの U 型コアに巻き付けるようにしてもよい。また、図 8（c）に示すメガネコアを利用するものであつてもよい。さらに、図 8（d）に示す E 型コアを利用するものであつてもよい。

【0102】以下、第 4 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置について図 9 を用いて説明する。図 9 は、インピーダンス整合装置 13 の主要回路部を示すブ

ロック図である。第2の実施の形態のインピーダンス整合装置は、主巻き線と制御巻き線の巻く方向を逆にした1対の結合回路（結合回路71と結合回路72、結合回路73と結合回路74）を設けることにより、各結合回路で発生した高周波成分を互いに相殺することにより除去する。これに対し、第4の実施の形態のインピーダンス整合装置は、1対の結合回路を設ける代わりに、図7で示した構成の結合回路を設け、制御巻き線の1ターム毎に制御巻き線に発生する高周波成分を相殺して除去するものである。

【0103】インピーダンス整合装置13は、結合回路131、結合回路132、及びコンデンサ133からなる。

【0104】結合回路131は、図7(a)に示した構成を有し、主巻き線131a、131b、制御巻き線131c、コア131d、131eからなる。

【0105】結合回路131の主巻き線131aの一端は端子Aに接続され、その他端は主巻き線131bの一端に接続される。主巻き線131bの一端は主巻き線131aの他端に接続され、その他端は端子Cに接続される。制御巻き線131cの一端は端子A1に接続され、その他端は端子A2に接続される。そして、結合回路131は、制御回路から制御巻き線131cに流れる制御電流により、主巻き線131a及び主巻き線131bのインダクタンス(L)の値が変化する。また、主巻き線131aと主巻き線131bの巻き数は等しい。

【0106】図7(a)を利用して説明したと同じ考え方により、主巻き線131aに高周波電流が流れることにより制御巻き線131cに誘起される高周波成分の方向と、主巻き線131bに高周波電流が流れることにより制御巻き線131cに誘起される高周波成分の方向とは、互いに反対方向になり、また、主巻き線131aに高周波電流が流れることにより制御巻き線131cに誘起される高周波成分の大きさと、主巻き線131bに高周波電流が流れることにより制御巻き線131cに誘起される高周波成分の大きさは、互いに等しいので、それぞれに発生する高周波成分が互いに相殺して高周波成分が除去され、端子A1、A2から制御回路に高周波成分が印加されることが防がれる。さらに、上述したように、制御巻き線131cの1タームごとに、高周波成分が相殺されて高周波成分が除去されるので、第2及び第3の実施の形態のように構成した場合に制御巻き線に局所的に発生していた大電圧が、制御巻き線131cに発生することがない。

【0107】結合回路132は、図7(a)に示した構成を有し、主巻き線132a、132b、制御巻き線132c、コア132d、132eからなる。

【0108】結合回路132の主巻き線132aの一端はコンデンサ133の一端に接続され、その他端は主巻き線132bの一端に接続される。主巻き線132bの

一端は主巻き線132aの他端に接続され、その他端は端子B及び端子Dに接続される。制御巻き線132cの一端は端子B1に接続され、その他端は端子B2に接続される。そして、結合回路132は、制御回路から制御巻き線132cに流れる制御電流により、主巻き線132a及び主巻き線132bのインダクタンス(L)の値が変化する。また、主巻き線132aと主巻き線132bの巻き数は等しい。

【0109】図7(a)を利用して説明したと同じ考え方により、主巻き線132aに高周波電流が流れることにより制御巻き線132cに誘起される高周波成分の方向と、主巻き線132bに高周波電流が流れることにより制御巻き線132cに誘起される高周波成分の方向とは、互いに反対方向になり、また、主巻き線132aに高周波電流が流れることにより制御巻き線132cに誘起される高周波成分の大きさと、主巻き線132bに高周波電流が流れることにより制御巻き線132cに誘起される高周波成分の大きさは、互いに等しいので、それぞれに発生する高周波成分が互いに相殺して高周波成分が除去され、端子B1、B2から制御回路に高周波成分が印加されることが防がれる。さらに、上述したように、制御巻き線132cの1タームごとに、高周波成分が相殺されて高周波成分が除去されるので、第2及び第3の実施の形態のように構成した場合に制御巻き線に局所的に発生していた大電圧が、制御巻き線132cに発生することがない。

【0110】コンデンサ133は、その一端が結合回路132の主巻き線132aの一端に接続され、その他端が端子Aに接続される。このコンデンサ133が設けられているのは、上記第1の実施の形態で説明したのと同様の理由である。

【0111】このインピーダンス整合装置13では、制御回路から結合回路131の制御巻き線131cへ入力される制御電流の値の増減により、結合回路131の主巻き線131a及び主巻き線131bのインダクタンス(L)の値が増減し、制御回路から結合回路132の制御巻き線132cへ入力される制御電流の値の増減により、結合回路132の主巻き線132a及び主巻き線132bのインダクタンス(L)の値が増減することを利用し、当該インピーダンス整合装置13のインピーダンスを増減させて、高周波発生装置5と負荷装置6とのインピーダンスを整合させるものである。

【0112】なお、インピーダンス整合に関する回路動作については、上記第1の実施の形態におけるインピーダンス整合装置4の回路動作と、考え方が同一であるため、詳細を省略する。

【0113】上記第4の実施の形態におけるインピーダンス整合装置13によれば、第1の実施の形態におけるインピーダンス整合装置4と同様、結合回路131の制御巻き線131cに流れる電流の値により主巻き線13

1 a 及び主巻き線 1 3 1 b のインダクタンス (L) の値を変化させ、結合回路 1 3 2 の制御巻き線 1 3 2 c に流れる電流の値により主巻き線 1 3 2 a 及び主巻き線 1 3 2 b のインダクタンス (L) の値を変化させて、インピーダンス整合装置 1 3 のインピーダンスの値を変化させているため、従来のインピーダンス整合装置のようにモータ等を利用して機械的にインピーダンスを変化させる場合に比べ、インピーダンス整合を高速に行うことができるとともに、保守作業の不要なインピーダンス整合装置となる。

【0114】また、第2の実施の形態と同様、第1の実施の形態において利用されている高周波成分をカットする高周波カット用コンデンサが不要であるため、低コスト化が図られる。

【0115】さらに、各制御巻き線の1タームごとに、高周波成分が相殺されて高周波成分が除去されるので、各制御巻き線に局所的に大電圧が発生することもない。

【0116】(第5の実施の形態) 本発明を適用した第5の実施の形態におけるインピーダンス整合装置について図10を用いて説明する。図10は、インピーダンス整合装置14の主要回路部を示すブロック図である。本第5の実施の形態におけるインピーダンス整合装置は、第4の実施の形態におけるインピーダンス整合装置の一の変形例である。

【0117】インピーダンス整合装置14は、結合回路141、結合回路142、及びコンデンサ143からなる。

【0118】結合回路141は、図7(a)に示した構成を有し、主巻き線141a、141b、制御巻き線141c、コア141d、141eからなる。

【0119】結合回路141の主巻き線141aの一端は端子Aに接続され、その他端は主巻き線141bの一端に接続される。主巻き線141bの一端は主巻き線141aの他端に接続され、その他端は端子Cに接続される。制御巻き線141cの一端は端子A1に接続され、その他端は端子A2に接続される。そして、結合回路141は、制御回路から制御巻き線141cに流れる制御電流により、主巻き線141a及び主巻き線141bのインダクタンス(L)の値が変化する。また、主巻き線141aと主巻き線141bの巻き数は等しい。

【0120】図7(a)を利用して説明したと同じ考え方により、主巻き線141aに高周波電流が流れることにより制御巻き線141cに誘起される高周波成分の方向と、主巻き線141bに高周波電流が流れることにより制御巻き線141cに誘起される高周波成分の方向とは、互いに反対方向になり、また、主巻き線141aに高周波電流が流れることにより制御巻き線141cに誘起される高周波成分の大きさと、主巻き線141bに高周波電流が流れることにより制御巻き線141cに誘起される高周波成分の大きさは、互いに等しいので、それ

ぞれに発生する高周波成分が互いに相殺して高周波成分が除去され、端子A1、A2から制御回路に高周波成分が印加されることが防がれる。さらに、上述したように、制御巻き線141cの1タームごとに、高周波成分が相殺されて高周波成分が除去されるので、第2及び第3の実施の形態のように構成した場合に制御巻き線に局所的に発生していた大電圧が、制御巻き線141cに発生することがない。

【0121】結合回路142は、図7(a)に示した構成を有し、主巻き線142a、142b、制御巻き線142c、コア142d、142eからなる。

【0122】結合回路142の主巻き線142aの一端は端子Aに接続され、その他端は主巻き線142bの一端に接続される。主巻き線142bの一端は主巻き線142aの他端に接続され、その他端は端子B及び端子Dに接続される。制御巻き線142cの一端は端子B1に接続され、その他端は端子B2に接続される。そして、結合回路142は、制御回路から制御巻き線142cに流れる制御電流により、主巻き線142a及び主巻き線142bのインダクタンス(L)の値が変化する。また、主巻き線142aと主巻き線142bの巻き数は等しい。

【0123】図7(a)を利用して説明したと同じ考え方により、主巻き線142aに高周波電流が流れることにより制御巻き線142cに誘起される高周波成分の方向と、主巻き線142bに高周波電流が流れることにより制御巻き線142cに誘起される高周波成分の方向とは、互いに反対方向になり、また、主巻き線142aに高周波電流が流れることにより制御巻き線142cに誘起される高周波成分の大きさと、主巻き線142bに高周波電流が流れることにより制御巻き線142cに誘起される高周波成分の大きさは、互いに等しいので、それぞれに発生する高周波成分が互いに相殺して高周波成分が除去され、端子B1、B2から制御回路に高周波成分が印加されることが防がれる。さらに、上述したように、制御巻き線142cの1タームごとに、高周波成分が相殺されて高周波成分が除去されるので、第2及び第3の実施の形態のように構成した場合に制御巻き線に局所的に発生していた大電圧が、制御巻き線142cに発生することがない。

【0124】コンデンサ143は、その一端が端子Aに接続され、その他端が端子B及び端子Dに接続される。このコンデンサ143が設けられているのは、上記第1の実施の形態で説明したのと同様の理由である。

【0125】このインピーダンス整合装置14では、制御回路から結合回路141の制御巻き線141cへ入力される制御電流の値の増減により、結合回路141の主巻き線141a及び主巻き線141bのインダクタンス(L)の値が増減し、制御回路から結合回路142の制御巻き線142cへ入力される制御電流の値の増減によ

り、結合回路 142 の主巻き線 142a 及び主巻き線 142b のインダクタンス (L) の値が増減することを利用し、当該インピーダンス整合装置 14 のインピーダンスを増減させて、高周波発生装置 5 と負荷装置 6 とのインピーダンスを整合させるものである。

【0126】なお、インピーダンス整合に関する回路動作については、上記第 1 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 4 の回路動作と、考え方が同一であるため、詳細を省略する。

【0127】上記第 5 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 14 によれば、第 1 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 4 と同様、結合回路 141 の制御巻き線 141c に流れる電流の値により主巻き線 141a 及び主巻き線 141b のインダクタンス (L) の値を変化させ、結合回路 142 の制御巻き線 142c に流れる電流の値により主巻き線 142a 及び主巻き線 142b のインダクタンス (L) の値を変化させて、インピーダンス整合装置 14 のインピーダンスの値を変化させているため、従来のインピーダンス整合装置のようにモータ等を利用して機械的にインピーダンスを変化させる場合に比べ、インピーダンス整合を高速に行うことができるとともに、保守作業の不要なインピーダンス整合装置となる。

【0128】また、第 2 の実施の形態と同様、第 1 の実施の形態において利用されている高周波成分をカットする高周波カット用コンデンサが不要であるため、低コスト化が図られる。

【0129】さらに、第 4 の実施の形態と同様、各制御巻き線の 1 ターンごとに、高周波成分が相殺されて高周波成分が除去されるので、各制御巻き線に局所的に大電圧が発生することもない。

【0130】(第 6 の実施の形態) 本発明を適用した第 6 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置について図 11 を用いて説明する。図 11 は、インピーダンス整合装置 15 の主要回路部を示すブロック図である。本第 6 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置は、第 4 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置の他の変形例である。

【0131】インピーダンス整合装置 15 は、結合回路 151、結合回路 152、及びコンデンサ 153 からなる。

【0132】結合回路 151 は、図 6 (a) に示した構成を有し、主巻き線 151a、151b、制御巻き線 151c、コア 151d、151e からなる。

【0133】結合回路 151 の主巻き線 151a の一端は端子 A 及び主巻き線 151b の一端に接続され、その他端は端子 C 及び主巻き線 151b の他端に接続される。主巻き線 151b の一端は端子 A 及び主巻き線 151a の一端に接続され、その他端は端子 C 及び主巻き線 151a の他端に接続される。制御巻き線 151c の一

端は端子 A1 に接続され、その他端は端子 A2 に接続される。そして、結合回路 151 は、制御回路から制御巻き線 151c に流れる制御電流により、主巻き線 151a 及び主巻き線 151b のインダクタンス (L) の値が変化する。また、主巻き線 151a と主巻き線 151b の巻き数は等しい。

【0134】図 6 (a) を利用して説明したように、主巻き線 151a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 151c に誘起される高周波成分の方向と、主巻き線 151b に高周波電流が流れることにより制御巻き線 151c に誘起される高周波成分の方向とは、互いに反対方向になり、また、主巻き線 151a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 151c に誘起される高周波成分の大きさと、主巻き線 151b に高周波電流が流れることにより制御巻き線 151c に誘起される高周波成分の大きさは、互いに等しいので、それぞれに発生する高周波成分が互いに相殺して高周波成分が除去され、端子 A1、A2 から制御回路に高周波成分が印加されることが防がれる。さらに、上述したように、制御巻き線 151c の 1 ターンごとに、高周波成分が相殺されて高周波成分が除去されるので、第 2 及び第 3 の実施の形態のように構成した場合に制御巻き線に局所的に発生していた大電圧が、制御巻き線 151c に発生することがない。

【0135】結合回路 152 は、図 6 (a) に示した構成を有し、主巻き線 152a、152b、制御巻き線 152c、コア 152d、152e からなる。

【0136】結合回路 152 の主巻き線 152a の一端は、コンデンサ 153 の一端及び主巻き線 152b の一端に接続され、その他端は、端子 B、端子 D 及び主巻き線 152b の他端に接続される。主巻き線 152b の一端は、コンデンサ 153 の一端及び主巻き線 152a の一端に接続され、その他端は端子 B、端子 D 及び主巻き線 152a の他端に接続される。制御巻き線 152c の一端は端子 B1 に接続され、その他端は端子 B2 に接続される。そして、結合回路 152 は、制御回路から制御巻き線 152c に流れる制御電流により、主巻き線 152a 及び主巻き線 152b のインダクタンス (L) の値が変化する。また、主巻き線 152a と主巻き線 152b の巻き数は等しい。

【0137】図 6 (a) を利用して説明したように、主巻き線 152a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 152c に誘起される高周波成分の方向と、主巻き線 152b に高周波電流が流れることにより制御巻き線 152c に誘起される高周波成分の方向とは、互いに反対方向になり、また、主巻き線 152a に高周波電流が流れることにより制御巻き線 152c に誘起される高周波成分の大きさと、主巻き線 152b に高周波電流が流れることにより制御巻き線 152c に誘起される高周波成分の大きさは、互いに等しいので、それぞれに発生す

る高周波成分が互いに相殺して高周波成分が除去され、端子 B1、B2 から制御回路に高周波成分が印加されることが防がれる。さらに、上述したように、制御巻き線 152c の 1 ターンごとに、高周波成分が相殺されて高周波成分が除去されるので、第 2 及び第 3 の実施の形態のように構成した場合に制御巻き線に局所的に発生していた大電圧が、制御巻き線 152c に発生することがない。

【0138】コンデンサ 153 は、その一端が結合回路 152 の主巻き線 152a 及び主巻き線 152b の一端に接続され、その他端が端子 A に接続される。このコンデンサ 153 が設けられているのは、上記第 1 の実施の形態で説明したのと同様の理由である。

【0139】このインピーダンス整合装置 15 では、制御回路から結合回路 151 の制御巻き線 151c へ入力される制御電流の値の増減により、結合回路 151 の主巻き線 151a 及び主巻き線 151b のインダクタンス (L) の値が増減し、制御回路から結合回路 152 の制御巻き線 152c へ入力される制御電流の値の増減により、結合回路 152 の主巻き線 152a 及び主巻き線 152b のインダクタンス (L) の値が増減することを利用し、当該インピーダンス整合装置 15 のインピーダンスを増減させて、高周波発生装置 5 と負荷装置 6 とのインピーダンスを整合させるものである。

【0140】なお、インピーダンス整合に関する回路動作については、上記第 1 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 4 の回路動作と、考え方が同一であるため、詳細を省略する。

【0141】上記第 6 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 15 によれば、第 1 の実施の形態におけるインピーダンス整合装置 4 と同様、結合回路 151 の制御巻き線 151c に流れる電流の値により主巻き線 151a 及び主巻き線 151b のインダクタンス (L) の値を変化させ、結合回路 152 の制御巻き線 152c に流れる電流の値により主巻き線 152a 及び主巻き線 152b のインダクタンス (L) の値を変化させて、インピーダンス整合装置 15 のインピーダンスの値を変化させているため、従来のインピーダンス整合装置のようにモータ等を利用して機械的にインピーダンスを変化させる場合に比べ、インピーダンス整合を高速に行うことができるとともに、保守作業の不要なインピーダンス整合装置となる。

【0142】また、第 2 の実施の形態と同様、第 1 の実施の形態において利用されている高周波成分をカットする高周波カット用コンデンサが不要であるため、低コスト化が図られる。

【0143】さらに、第 4 の実施の形態と同様、各制御巻き線の 1 ターンごとに、高周波成分が相殺されて高周波成分が除去されるので、各制御巻き線に局所的に大電圧が発生することもない。

【0144】なお、上記第 1 乃至第 6 の実施の形態においては、図 12 (d) の回路構成に対応するインピーダンス整合装置について説明したが、図 12 (a) から図 12 (h) の他の回路構成に対応し上記第 1 乃至第 6 の実施の形態の考え方を取り入れたインピーダンス整合装置を構成してもよいことは言うまでもない。

【0145】なお、半導体や液晶ディスプレイ等の製造装置、真空メッキに使用する真空蒸着装置、合成樹脂の加熱・溶融装置、通信装置等の高周波を利用する装置において、インピーダンス整合を行うことが必要な場合に、利用価値が高いものである。

【0146】

【発明の効果】請求項 1 記載の発明によれば、結合回路の制御巻き線に流れる電流の値により主巻き線のインダクタンスの値を変化させることにより、インピーダンス整合装置のインピーダンスの値を変化させているため、従来のインピーダンス整合装置のようにモータ等を利用して機械的にインピーダンスを変化させる場合に比べ、インピーダンス整合を高速に行うことができるとともに、保守作業の不要なインピーダンス整合装置となる。

【0147】請求項 2 記載の発明によれば、結合回路の制御巻き線に流れる電流の値により第 1 の主巻き線及び第 2 の主巻き線のインダクタンスの値を変化させることにより、インピーダンス整合装置のインピーダンスの値を変化させているため、従来のインピーダンス整合装置のようにモータ等を利用して機械的にインピーダンスを変化させる場合に比べ、インピーダンス整合を高速に行うことができるとともに、保守作業の不要なインピーダンス整合装置となる。

【0148】さらに、第 1 の主巻き線に高周波電流が流れることにより制御巻き線に誘起される高周波成分と第 2 の主巻き線に高周波電流が流れることにより制御巻き線に誘起される高周波成分が、制御巻き線の一巻き (1 ターン) ごとに、相殺されて高周波成分が除去されるので、制御巻き線に局所的に大電圧が発生することがなく、結合回路の絶縁破壊を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、インダクタンスを変化させる回路を説明するための図である。

【図 2】図 2 は、B-H 曲線を示す図である。

【図 3】図 3 は、インピーダンス整合装置 4 の主要回路部を示すブロック図である。

【図 4】図 4 は、インピーダンス整合装置 7 の主要回路部を示すブロック図である。

【図 5】図 5 は、インピーダンス整合装置 8 の主要回路部を示すブロック図である。

【図 6】図 6 (a) は、コアに対する巻き線の巻き方の一例を示す図であり、図 6 (b) は、図 6 (a) に示すコアに対する巻き線の巻き方の表記法を説明するための図である。

【図7】図7(a)は、コアに対する巻き線の巻き方の一例を示す図であり、図7(b)は、図7(a)に示すコアに対する巻き線の巻き方の表記法を説明するための図である。

【図8】図8は、各コアの形状を示す図である。

【図9】図9は、インピーダンス整合装置13の主要回路部を示すブロック図である。

【図10】図10は、インピーダンス整合装置14の主要回路部を示すブロック図である。

【図11】図11は、インピーダンス整合装置15の主要回路部を示すブロック図である。

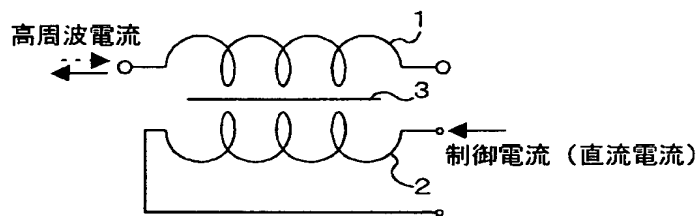
【図12】図12は、従来のインピーダンス整合装置の主要部の回路構成を示す図である。

【符号の説明】

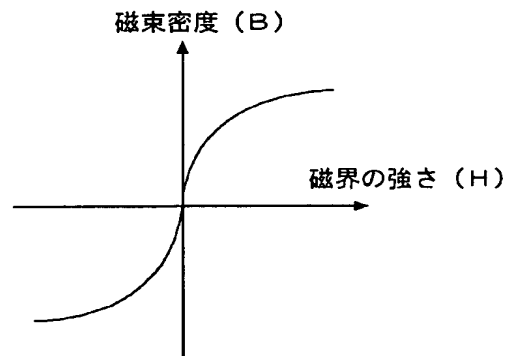
1 主巻き線

2 制御巻き線  
3 コア  
4 インピーダンス整合装置  
41 VSWR回路部  
42 演算部  
43 第1の制御電流発生部  
44 第2の制御電流発生部  
45 結合回路  
46 ローパスフィルタ  
47 結合回路  
48 ローパスフィルタ  
49 コンデンサ  
5 高周波発生装置  
6 負荷装置

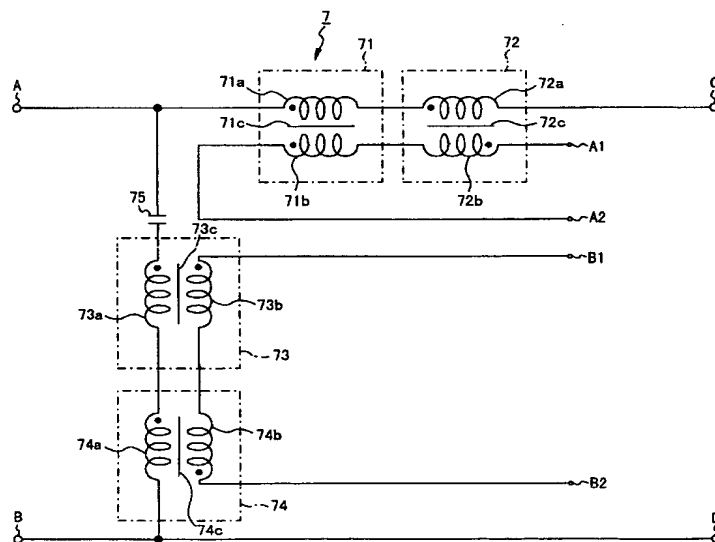
【図1】



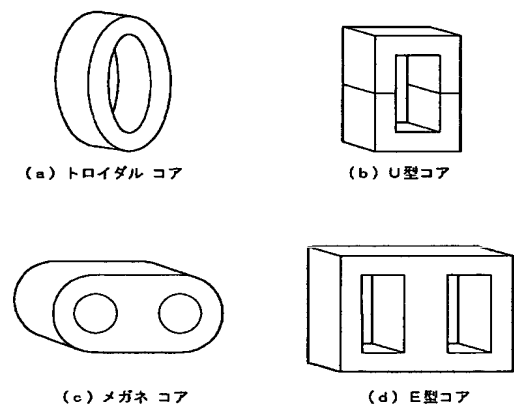
【図2】



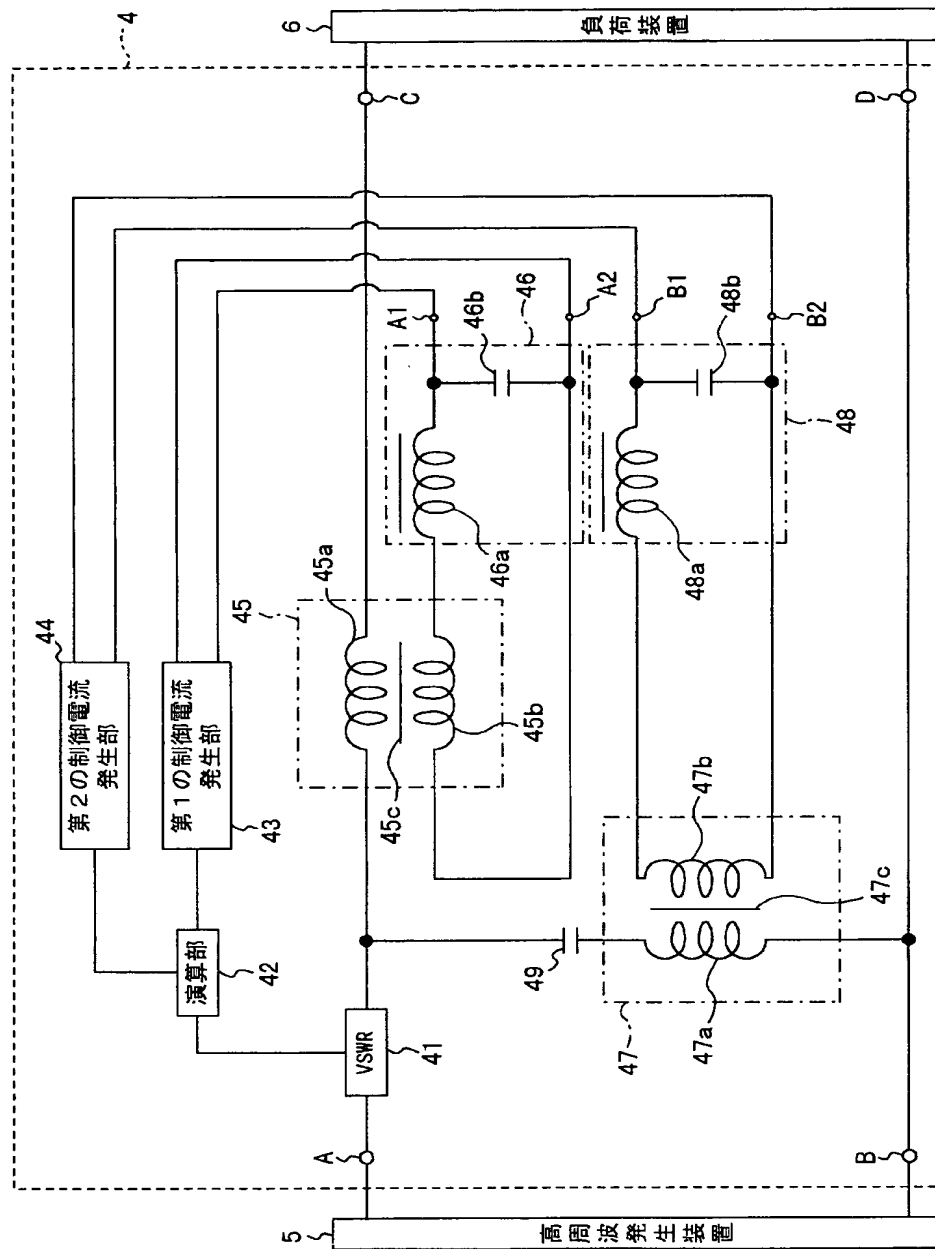
【図4】



【図8】

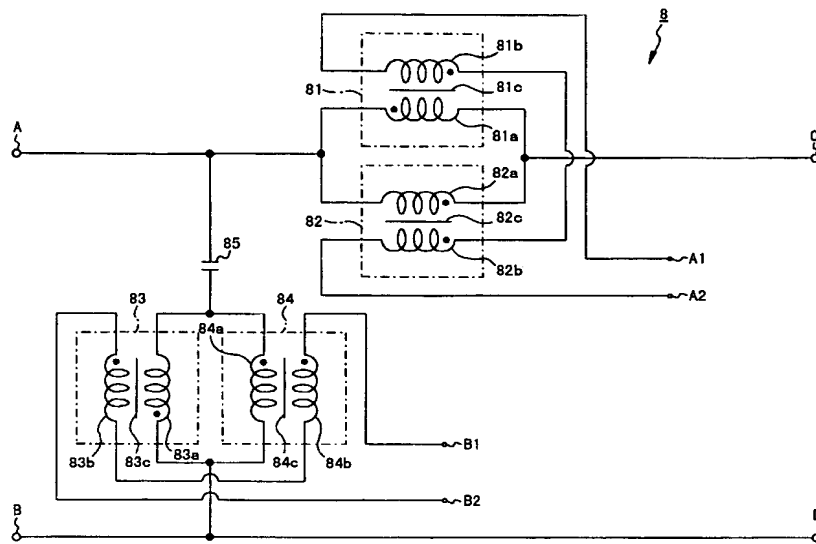


【図 3】

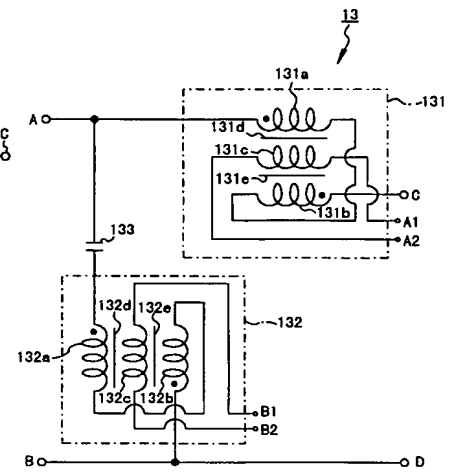




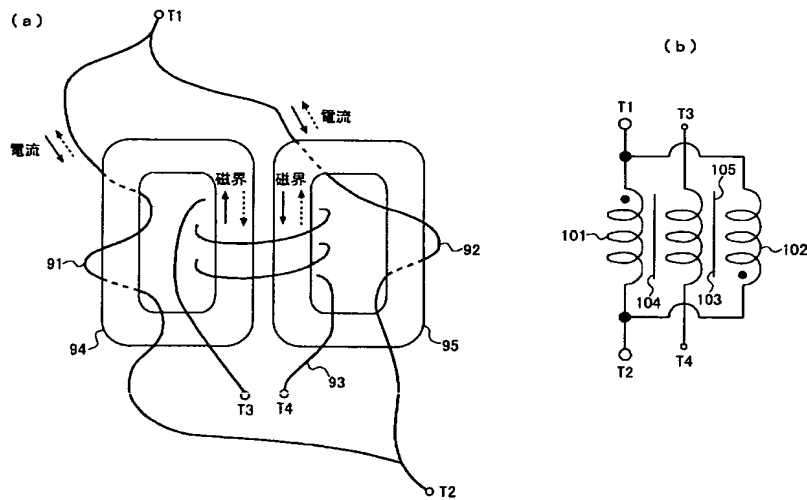
【図 5】



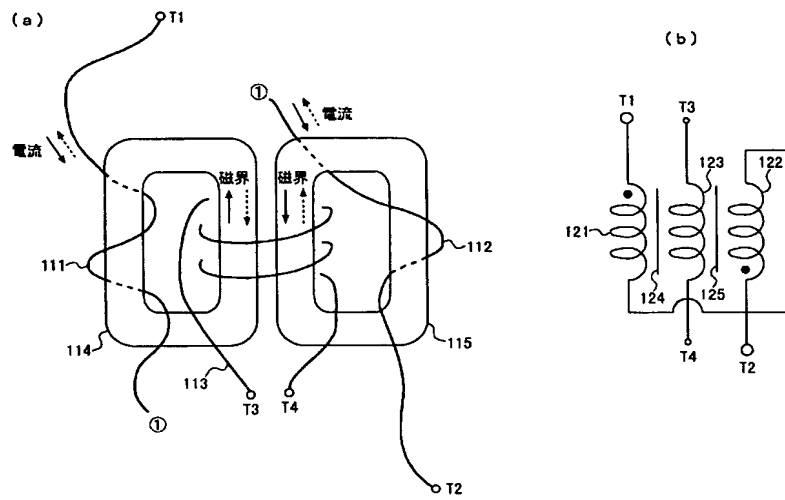
【図 9】



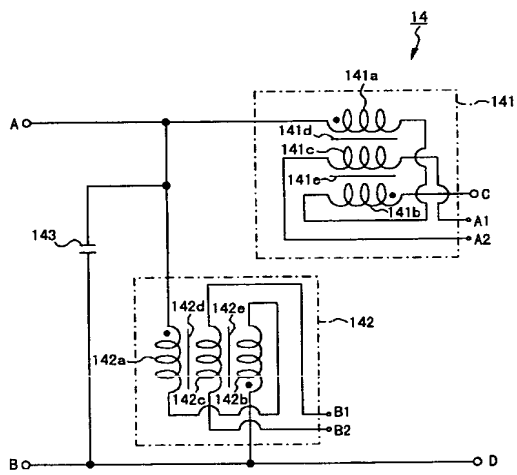
【図 6】



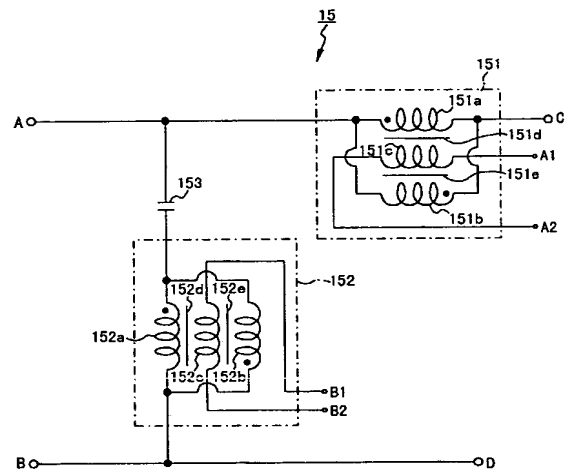
【図 7】



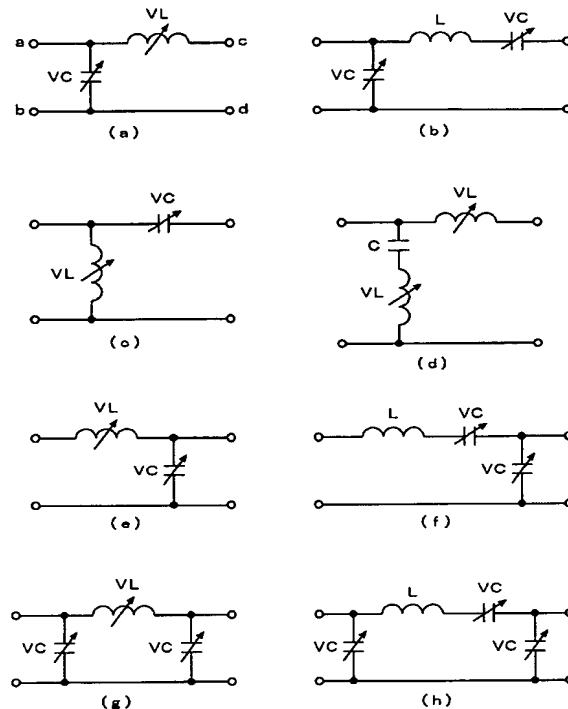
【図 10】



【図 11】



【図 12】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 11 年 11 月 29 日（1999. 11. 29）

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】高周波発生装置と負荷装置の間に設けられ、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを整合させるインピーダンス整合装置において、  
コアに主巻き線と制御巻き線が巻かれ、当該制御巻き線に流れる直流電流の大きさによって当該主巻き線のインダクタンスの値が変化して前記インピーダンス整合装置のインピーダンスを変化させる 2 または 4 つの結合回路を有することを特徴とするインピーダンス整合装置。

【請求項 2】高周波発生装置と負荷装置の間に設けられ、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを整合させるインピーダンス整合装置において、第 1 のコアに第 1 の主巻き線が巻かれ、第 2 のコアに第

2 の主巻き線が巻かれ、制御巻き線の一巻きに当該第 1 のコア及び当該第 2 のコアが貫通するように当該第 1 のコア及び当該第 2 のコアに当該制御巻き線が巻かれ、当該制御巻き線に流れる直流電流の大きさによって当該第 1 の主巻き線及び当該第 2 の主巻き線のインダクタンスの値が変化して前記インピーダンス整合装置のインピーダンスを変化させる 2 または 4 つの結合回路を有することを特徴とするインピーダンス整合装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0014

【補正方法】変更

【補正内容】

【0014】

【課題を解決するための手段】請求項 1 記載の発明は、高周波発生装置と負荷装置の間に設けられ、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを整合させるインピーダンス整合装置において、コアに主巻き線と制御巻き線が巻かれ、当該制御巻き線に流れる直流電流の大きさによって当該主巻き線のインダクタンスの値が変化して前記インピーダンス整合装置のインピーダンスを変化させる 2 または 4 つの結合回路を有するイ

ンピーダンス整合装置である。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0016

【補正方法】変更

【補正内容】

【0016】請求項 2 記載の発明は、高周波発生装置と負荷装置の間に設けられ、高周波発生装置のインピーダンスと負荷装置のインピーダンスを整合させるインピーダンス整合装置において、第 1 のコアに第 1 の主巻き線が巻かれ、第 2 のコアに第 2 の主巻き線が巻かれ、制御巻き線の一巻きに当該第 1 のコア及び当該第 2 のコアが貫通するように当該第 1 のコア及び当該第 2 のコアに当該制御巻き線が巻かれ、当該制御巻き線に流れる直流電

流の大きさによって当該第 1 の主巻き線及び当該第 2 の主巻き線のインダクタンスの値が変化して前記インピーダンス整合装置のインピーダンスを変化させる 2 または 4 つ の結合回路を有するインピーダンス整合装置である。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0145

【補正方法】変更

【補正内容】

【0145】なお、半導体や液晶ディスプレイ等の製造装置、真空メッキに使用する真空蒸着装置のように高周波を利用する装置において、インピーダンス整合を行うことが必要な場合に、利用価値が高いものである。